

ТЕРМОЦИКЛИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА БЫСТРОРЕЖУЩИХ СТАЛЕЙ

Пантелеев И.А.

Руководитель – проф., д.т.н. Тарасенко Л.В.

Московский Государственный Технический Университет им. Н.Э. Баумана,
г. Москва,

ivanpanteleev@pochta.ru

Фазовый состав и структура быстрорежущих сталей являются сложными, особенно в литом и деформированном состояниях. В силу высокой степени легирования и наличия хрупкой эвтектической карбидной фазы быстрорежущие стали имеют ограниченный запас технологической пластичности и узкий температурный интервал деформируемости. В частности, при изготовлении инструмента из быстрорежущей стали методом горячей накатки (mau - процедуре), в ряде случаев могут образовываться разрывы по режущей кромке инструмента. Технологическая пластичность металла при горячей накатке в первую очередь определяется структурным состоянием заготовки, которое формируется в процессе смягчающего отжига. Одним из способов повышения технологической пластичности быстрорежущих сталей может быть применение термоциклического отжига взамен изотермического.

Целью работы является исследование влияния температурно-временных параметров термоциклического отжига (ТЦО) на морфологию и распределение карбидов стали Р6М5; а также разработка режима ТЦО для сталей Р6М5 и Р6М5К5.

Исследовали образцы проката быстрорежущих сталей Р6М5 и Р6М5К5 после изотермического (ИТО) и термоциклического (ТЦО) отжигов и не прошедшие термическую обработку (исходные) образцы.

В лабораторной муфельной печи МИМП – 3П проводили отжиги образцов стали Р6М5 по следующим режимам: изотермический; два режима ТЦО с различными температурно-временными характеристиками (3-х –4-х – кратные циклы нагрева и охлаждения через точку A_{c1}).

После отжигов всех образцов карбидная неоднородность не превышает двух баллов по шкале ГОСТ19265-73. Однако в пределах балла шкалы заметны различия в степени однородности в пользу образцов подвергнутых ТЦО. Величина зерна в закаленном состоянии - 16 номер для всех образцов.

С помощью программы анализа изображений обчислены оптические микрофотографии и определены распределения карбидов по 15 размерным группам, и количества карбидов приходящихся на 1 мм^2 . Результаты исследований приведены на рис.1 в виде кривых относительного распределения. Во всех образцов преобладают карбиды размером до $0,75 \text{ мкм}$, количество более крупных карбидов с увеличением их размеров уменьшается. Наибольшее количество карбидов размером до $0,75 \text{ мкм}$ ($\sim 53\%$) и повышенную плотность их распределения ($387,4 \cdot 10^3 \text{ частиц/мм}^2$) сталь имеет после режима ТЦО №1, что объясняет и повышение твердости до 250 HV. Меньшую твердость имеет образец после отжига по режиму 2 – 234 HV.

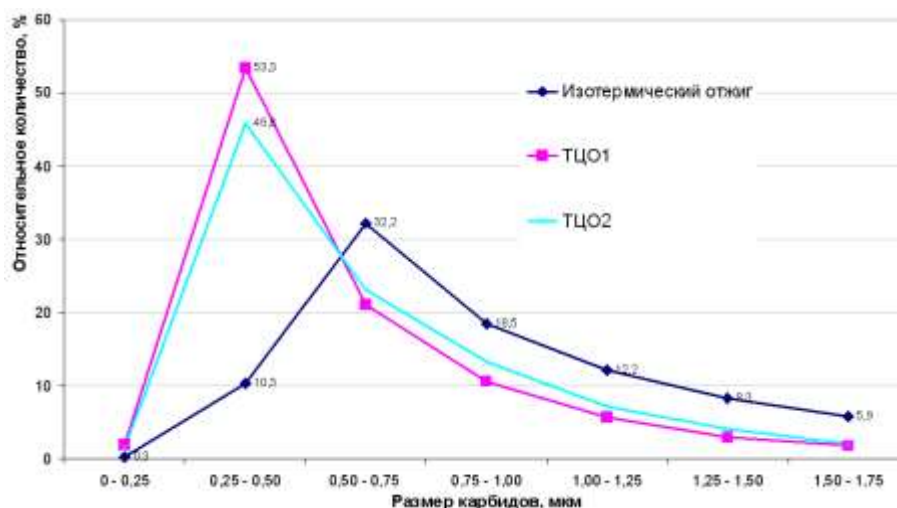


Рис. 1. Относительное распределение по размерам карбидов в образцах стали Р6М5, отожженных по различным режимам

Карбидная фаза характеризуется при этом пониженной плотностью распределения – $290,9 \cdot 10^3$ частиц/мм². Для изотермического отжига характерно повышенное количество крупных карбидов, уменьшение количества более мелких карбидов размером 0,25-0,50 мкм на 80% и уменьшение плотности распределения на 48% (в сравнении с ТЦО по первому режиму), что связано с большими выдержками при температуре выше A_{c1} .

Глубина обезуглероженного слоя в образцах после проведения ИТО составляет 0,34 мм, что на 25% больше, чем в образцах, отожженных по обоим режимам ТЦО – 0,26 мм и 0,24 мм, соответственно.

На основании положительных результатов лабораторных экспериментов по термоциклическому отжигу, смоделированы и проведены термоциклический отжиг по режиму №1 и изотермический отжиг образцов стали Р6М5К5.

В более явной форме положительное влияние ТЦО в сравнении с ИТО проявляется на стали Р6М5 – среднее значение микротвёрдости ниже, чем после ИТО (рис.2). ТЦО стали Р6М5К5, при почти равном с ИТО среднем значении микротвёрдости, показывает меньший разброс результатов измерений, что свидетельствует о большей однородности структуры. Одной из причин этого эффекта является изменение фазового состава: по данным рентгеноструктурного анализа в стали в исходном состоянии и после ИТО присутствуют карбиды M_6C и $M_{23}C_6$; а в результате ТЦО карбид $M_{23}C_6$ растворяется. Данное предположение подтверждается и результатами оптической микроскопии (рис.3).

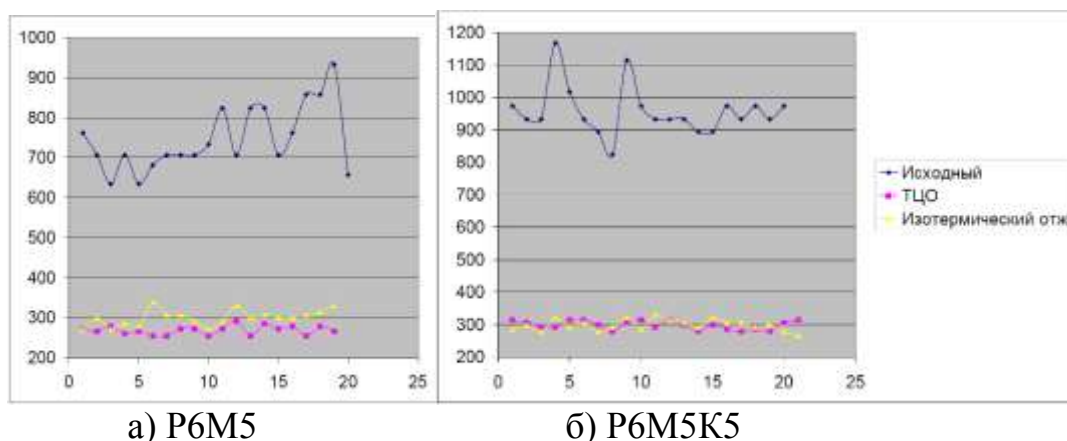


Рис. 2. Распределение значений микротвёрдости по сечению образцов сталей P6M5 и P6M5K5, отожженных по различным режимам

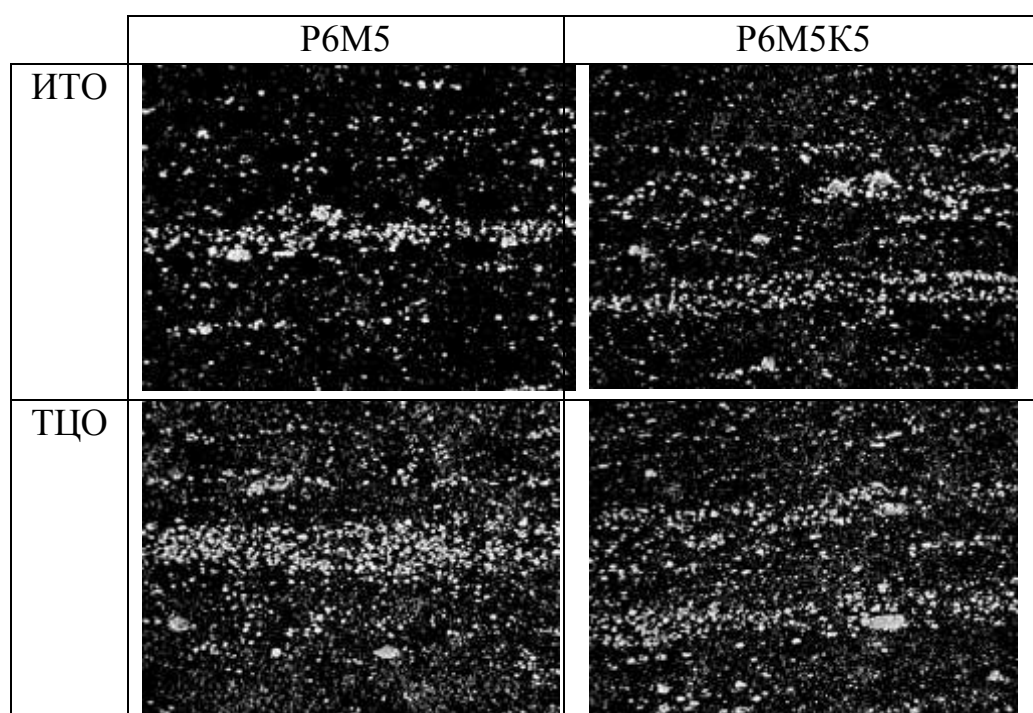


Рис. 3 Характерные микрофотографии структур сталей P6M5 и P6M5K5, отожженных по различным режимам

Выводы: применение термоциклического отжига вместо изотермического на быстрорежущих сталях марок P6M5 и P6M5K5 приводит к положительному эффекту: уменьшается карбидная неоднородность, происходит измельчение карбидной фазы и увеличение плотности распределения карбидов в объеме на 50%, снижается неоднородность микротвёрдости по сечению образцов и глубина обезуглероженного слоя, что в совокупности повышает технологическую пластичность заготовок.